

УДК 621.774.3

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ НА СИЛОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ ТРУБ

Орлов Г.А., д.т.н., профессор кафедры «Обработка металлов давлением» (gorl@mail.ru)

Маланов А.А., студент

Орлов А.Г., магистрант кафедры «Обработка металлов давлением»

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
(620002, Россия, Екатеринбург, ул. Мира, 19)

Аннотация. Приведены результаты вычислительного эксперимента по изучению влияния технологических погрешностей на вертикальную и горизонтальную силы прокатки. В качестве независимых факторов выбраны исходная разностенность заготовки, подача и коэффициент трения, проведен полный факторный эксперимент. Получены уравнения линейной регрессии величины усилий от изучаемых факторов. Анализ данных расчетов показал, что значения сил, полученных при максимальных показателях факторов, намного превышают значения, полученные при минимальных показателях факторов: вертикальная сила различается более, чем в 2 раза, а осевое усилие – более, чем в 8 раз. Сделан вывод о том, что погрешности установки параметров режимов прокатки могут вызвать многократный рост усилий прокатки, особенно горизонтальной составляющей. Поэтому для стабильной работы прокатных станов необходимы соблюдение технологической дисциплины и контроль исходной разностенности заготовки.

Ключевые слова: холодная прокатка труб, силы прокатки, полный факторный вычислительный эксперимент, погрешности технологических режимов.

DOI: 10.17073/0368-0797-2018-5-416-417

При холодной прокатке труб погрешности установки технологических режимов прокатки, разброс свойств исходной заготовки, условий контактного трения могут достигать $\pm 15\%$ и более [1 – 3]. Представляет интерес сделать оценку влияния этих погрешностей, в частности, на силовые параметры прокатки.

Для оценки проведены вычисления с использованием ранее разработанного пакета прикладных программ [4] в соответствии с планом полного факторного вычислительного эксперимента 2^3 (см. таблицу). Размеры заготовки 45×4 мм, размеры готовой трубы 20×2 мм, сталь 08X18H10T. Варьировали разностенность за-

готовки от 0 до 15 %, величину подачи 10 ± 3 мм, коэффициент трения Кулона $0,1 \pm 0,05$. В качестве функций отклика выбрали максимальные вертикальные и горизонтальные силы прокатки.

В результате обработки данных таблицы в соответствии с работой [5] получили следующие уравнения регрессии для сил прокатки с учетом оценки значимости коэффициентов (в предположении, что точность определения сил составляет $\pm 10\%$, некоторые парные взаимодействия оказались незначимы):

$$P = 640,5 + 74,25x_1 + 132x_2 + 44,75x_3 + 25,75x_1x_2; \quad (1)$$

План и результаты вычислительного эксперимента

Plan and results of the computing experimentt

| Номер опыта | Исходная разностенность X_1 , % | Подача X_2 , мм | Коэффициент трения X_3 | Вертикальная сила P , кН | Горизонтальная сила Q , кН |
|-------------|-----------------------------------|-------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 1 | 15 | 13 | 0,15 | 956 | 172 |
| 2 | 15 | 13 | 0,05 | 789 | 43 |
| 3 | 15 | 7 | 0,15 | 590 | 93 |
| 4 | 15 | 7 | 0,05 | 524 | 26 |
| 5 | 0 | 13 | 0,15 | 716 | 116 |
| 6 | 0 | 13 | 0,05 | 629 | 31 |
| 7 | 0 | 7 | 0,15 | 479 | 77 |
| 8 | 0 | 7 | 0,05 | 441 | 23 |

$$Q = 72,6 + 10,9x_1 + 17,88x_2 + 41,88x_3 + 11,63x_2x_3, \quad (2)$$

где x_1, x_2, x_3 – кодированные значения факторов, соответственно исходной разностенности, подачи и коэф-

фициента трения; $x_i = \frac{2(X_i - X_i^{cp})}{X_i^{\max} - X_i^{\min}}$.

Уравнения (1), (2) подтверждают известные факты, что увеличение исходной толщины стенки, подачи и коэффициента трения увеличивают силы прокатки. Установлено по величине соответствующих коэффициентов регрессии в уравнении (1), что на вертикальную силу наибольшее влияние оказывает подача, далее по значимости следуют исходная разностенность и коэффициент трения. Факторы, влияющие на горизонтальную силу в соответствии с уравнением (2), по значимости могут быть расставлены так: коэффициент трения, подача, исходная разностенность. Анализ данных расчетов показал, что значения сил, полученных при максимальных значениях факторов (см. таблицу, опыт № 1), намного превышают значения, полученные при минимальных значениях факторов (см. таблицу, опыт № 8): верти-

кальная сила различается более, чем в 2 раза, а осевое усилие – более, чем в 8 раз.

Таким образом, погрешности установки параметров режимов прокатки могут вызвать многократный рост усилий прокатки, особенно горизонтальной составляющей. Поэтому для стабильной работы прокатных станков необходимы соблюдение технологической дисциплины и контроль исходной разностенности заготовки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шевакин Ю.Ф. Калибровка и усилия при холодной прокатке труб. – М.: Metallurgizdat, 1963. – 269 с.
2. Чечулин Ю.Б., Кондратов Л.А., Орлов Г.А. Холодная прокатка труб. – М.: Metallurgizdat, 2017. – 332 с.
3. Столетний М.Ф., Клемперт Е.Д. Точность труб. – М.: Metallurgiya, 1975. – 240 с.
4. Орлов Г.А., Измайлов А.Р. Экспертная автоматизированная система проектирования технологии холодной периодической прокатки труб. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 20011610720 от 14.06.2001.
5. Адлер В.И., Маркова Ю.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 276 с.

Поступила 28 ноября 2017 г.

IZVESTIYA VUZOV. CHERNAYA METALLURGIYA = IZVESTIYA. FERROUS METALLURGY. 2018. Vol. 61. No. 5, pp. 416–417.

EFFECT OF TECHNOLOGICAL ERRORS ON FORCE PARAMETERS OF PIPES COLD ROLLING

G.A. Orlov, A.A. Malanov, A.G. Orlov

Ural Federal University named after the first President of Russia
B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

Abstract. The results of numerical experiments on studying of influence of technological errors on the vertical and horizontal forces of rolling are given. A full factorial computational experiment was performed by varying factors: initial wall thickness variation of pipes, feed and friction factor. The regression equations were obtained by the vertical and horizontal forces from these factors. It was found that the force values obtained when the maximum values of the factors are much higher than the values obtained at minimum values of factors: the vertical force varies by more than 2 times, and the axial force – more than 8 times. It was concluded that the errors of setup rolling parameters can cause a multiple increase in the forces of rolling, especially, in the horizontal component. Therefore, for stable rolling mills operation the observance of procedures discipline and control the initial wall thickness variation of pipes are necessary.

Keywords: cold rolling of pipes, wall thickness variation, force of rolling, full factorial computational experiment, technological errors.

REFERENCES

1. Shevakin Yu.F. *Kalibrovka i usiliya pri kholodnoi prokatke trub* [Calibration and forces at pipes cold rolling]. Moscow: Metallurgizdat, 1963, 269 p. (In Russ.).
2. Chechulin Yu.B., Kondratov L.A., Orlov G.A. *Kholodnaya prokatka trub* [Pipes cold rolling]. Moscow: Metallurgizdat, 2017, 332 p. (In Russ.).
3. Stoletnii M.F., Klempert E.D. *Tochnost' trub* [Precision of pipes]. Moscow: Metallurgiya, 1975, 240 p. (In Russ.).
4. Orlov G.A., Izmailov A.R. *Ekspertnaya avtomatizirovannaya sistema proektirovaniya tekhnologii kholodnoi periodicheskoi prokatki trub* [Expert automated system for designing a technology for the cold periodic pipes rolling]. Certificate of state registration of computer program no. 20011610720, 14.06.2001. (In Russ.).
5. Adler V.I., Markova Yu.V., Granovskii Yu.V. *Planirovanie eksperimenta pri poiske optimal'nykh uslovii* [Experiment planning when searching optimal conditions]. Moscow: Nauka, 1976, 276 p. (In Russ.).

Information about the authors:

G.A. Orlov, Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Chair "Metal Forming" (gorol@mail.ru)

A.A. Malanov, Student

A.G. Orlov, MA Student of the Chair "Metal Forming"

DOI: 10.17073/0368-0797-2018-5-413-414

Received November 28, 2017